

# teach with space

## → ÉTUDIER LA POLLUTION DE L'AIR

Mini-étude de cas pour Climate Detectives



# → ÉTUDIER LA POLLUTION DE L'AIR

## Mini-étude de cas pour Climate Detectives

### EN BREF

**Thèmes :** science ; technologie

**Tranche d'âge :** 12 à 17 ans

**Type :** activité de projet

**Mots clés :** pollution de l'air ; climat ; observation de la Terre ; gaz à effet de serre (GES) ; sciences ; technologie

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Adopter une approche scientifique en collectant des données, en faisant des observations rigoureuses et en recherchant des tendances et des corrélations.
- Comprendre le lien entre la pollution de l'air et le changement climatique
- Identifier les principaux polluants atmosphériques
- Comprendre comment on peut utiliser les satellites d'observation de la Terre pour surveiller la qualité de l'air

### Aperçu

Les mini-études de cas pour Climate Detectives visent à aider les professeurs à définir le sujet sur lequel se penchera leur équipe de « détectives du climat » et à les guider au cours des diverses phases du projet. Les professeurs y trouveront des idées pour les différents types de données que les élèves pourraient collecter et analyser. Ces suggestions ne sont pas exhaustives et les professeurs peuvent décider eux-mêmes de se concentrer sur un sujet particulier dans un domaine de recherche donné. La mini-étude de cas est à utiliser conjointement avec le guide du professeur et non de manière autonome.

Cette étude de cas est consacrée au sujet suivant : **la pollution de l'air et le climat**. Les élèves étudieront les liens entre la pollution de l'air liée aux déplacements locaux et le changement climatique.

## À propos de Climate Detectives

Climate Detectives est un projet scolaire géré par l'Agence spatiale européenne (ESA) en collaboration avec les bureaux nationaux de l'ESERO (European Space Education Resource Office) dans toute l'Europe. En France, ce projet est coordonné par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) dans le cadre du bureau ESERO France (<https://esero.fr/projets/climate-detectives/>).

Dans le cadre de ce projet, les élèves joueront le rôle de « détectives du climat » tout en étudiant l'environnement de la Terre. À cet effet, ils identifieront un problème climatique local, l'étudieront à l'aide d'images satellite réelles ou de leurs propres mesures au sol et, enfin, proposeront des actions pour contribuer à atténuer ou à surveiller ou à s'adapter au problème.



**CLIMATE DETECTIVES**

## Sujet : La pollution de l'air et le climat

DÉBUT

## Question de recherche

Dans quelle mesure les déplacements de notre communauté scolaire contribuent-ils au changement climatique mondial ? Quels sont les liens entre la pollution atmosphérique liée aux déplacements locaux et le changement climatique mondial ?

La question s'inscrit-elle dans la thématique du climat ?

Oui. Elle examine dans quelle mesure les trajets scolaires contribuent au changement climatique

La question est-elle axée sur un seul problème ?

Oui. Elle examine dans quelle mesure les trajets scolaires contribuent au changement climatique.

La question est-elle trop large ou trop restreinte ?

Non. Elle identifie un problème au niveau local, mais établit des liens avec un problème mondial plus important. Les élèves peuvent étudier uniquement les émissions de GES liées aux trajets scolaires ou élargir le sujet pour étudier les liens avec la pollution atmosphérique.

La réponse à ces questions est-elle trop facile à obtenir ?

Oui. Les données sur les émissions nationales et mondiales GES et de polluants atmosphériques sont accessibles gratuitement et il existe un certain nombre d'options pour la collecte de données primaires, en fonction du temps et des ressources disponibles.

La question est-elle réalisable ?

Non. Elle identifie un problème au niveau local, mais établit des liens avec un problème mondial plus important. Les élèves peuvent étudier uniquement les émissions de GES liées aux trajets scolaires ou élargir le sujet pour étudier les liens avec la pollution atmosphérique.

## A – Introduction au sujet

Avant de rechercher les liens entre les déplacements et le changement climatique, nous devons préciser ce que l'on entend par « changement climatique ». Cet article du Bureau du climat de l'ESA peut être utile à cet égard :

### [Qu'est-ce que le changement climatique ?](#)

Les déplacements sont à la fois une source de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre. Bien que n'étant pas considérés comme des gaz à effet de serre, de nombreux polluants atmosphériques peuvent contribuer au changement climatique (Organisation mondiale de la santé, 2022). La vidéo ci-dessous, de l'Organisation météorologique mondiale, peut servir à introduire le sujet : [Connections between air quality and climate](#)

## Gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre sont naturellement présents dans l'atmosphère terrestre et nous permettent de conserver une partie de l'énergie solaire sous forme de chaleur. Sans ce phénomène d'effet de serre, la température moyenne à la surface de la Terre serait d'environ -18°C, trop froid pour maintenir la vie telle que nous la connaissons. Depuis la révolution industrielle, les activités humaines comme la combustion de combustibles fossiles ont fait grimper les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à des niveaux sans précédent. Le protocole de Kyoto cite six gaz à effet de serre, dont les niveaux ont tous été accrus par les activités humaines. Les trois principaux sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O). La vapeur d'eau est aussi un gaz à effet de serre naturel non négligeable, qui accroît l'effet des autres gaz. Le climat de la Terre évolue et tend à se réchauffer en raison de l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère, avec des conséquences néfastes telles que l'élévation du niveau de la mer à l'échelle mondiale.

Si le dioxyde de carbone est plus abondant dans l'atmosphère et donc davantage associé au réchauffement climatique, le méthane est environ 30 fois plus puissant pour piéger la chaleur.

Les ressources pédagogiques suivantes peuvent être utilisées pour en savoir plus sur l'effet de serre et les sources naturelles et humaines d'émissions de dioxyde de carbone :

- [La terre sous un couvercle - Comprendre l'effet de serre](#) (enseignement primaire)
- [L'effet de serre et ses conséquences](#) (enseignement secondaire)
- [Le cycle du carbone](#) (enseignement secondaire)

## Polluants atmosphériques

L'Organisation mondiale de la santé a défini la pollution de l'air en ces termes : « contamination de l'environnement intérieur ou extérieur par tout agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère. Les appareils à combustion d'usage domestique, les véhicules à moteur, les installations industrielles et les incendies de forêt sont des sources courantes de pollution atmosphérique. »

Il existe de nombreux polluants atmosphériques liés au transport. Deux des principaux sont présentés brièvement ci-dessous.

## Particules en suspension

Les particules en suspension (PM) sont des particules microscopiques solides ou liquides en suspension dans l'air. Elles sont classées en fonction de leur taille.

- PM10 : entre 2,5 et 10 micromètres ( $\mu\text{m}$ )
- PM2,5 : moins de 2,5 micromètres ( $\mu\text{m}$ )

Il s'agit de particules de poussière, de saleté, de fumée, de gouttes liquides et de suie, provenant de chantiers, de décharges, de l'agriculture, des routes et des pneus de véhicules. Elles constituent un polluant atmosphérique majeur et peuvent nuire gravement à la santé, car nous respirons ces minuscules particules qui ne sont pas toujours visibles à l'œil nu.

Une combustion complète (à 100 %) transformerait tout le carbone d'un combustible en  $\text{CO}_2$ , mais la combustion n'est jamais totalement efficace. La combustion des combustibles fossiles génère non seulement du  $\text{CO}_2$ , mais aussi des particules de carbone suie : la « suie » ou « le carbone noir » (BC). Les différents composants des particules peuvent avoir un effet de réchauffement ou de refroidissement sur le climat. Le carbone noir contribue au réchauffement de la Terre. Quand il se dépose sur la glace et la neige, le carbone noir provoque un réchauffement local et augmente la fonte, car les taches « sombres » sur la neige absorbent plus de chaleur du soleil. On estime qu'il est responsable à hauteur de 15 % du réchauffement excessif actuel des températures mondiales.

## Dioxyde d'azote

Les oxydes d'azote sont des composés chimiques formés d'oxygène et d'azote. Ils résultent des processus de combustion industriels et domestiques, ainsi que de la combustion de combustibles fossiles par les véhicules à moteur. Les émissions de gaz d'échappement de la circulation routière produisent du dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ). Ce dernier est un polluant atmosphérique primaire mais n'est pas considéré comme un gaz à effet de serre car il ne retient pas la chaleur du soleil. Pourtant, en raison de réactions complexes dans l'atmosphère, le  $\text{NO}_2$  contribue au réchauffement de la planète et, par conséquent, au changement climatique.

Le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) n'est pas la même chose que l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Le  $\text{N}_2\text{O}$  est un gaz à effet de serre qui provient principalement de l'utilisation d'engrais artificiels dans l'agriculture, mais également, dans une moindre mesure, des gaz d'échappement des voitures.

## Plan de recherche

Maintenant que votre équipe a choisi le sujet et la question de recherche, il est temps de prévoir les types de données à collecter. La dernière étape consiste à soumettre un plan de recherche. Les professeurs peuvent trouver des idées de données à collecter à la section B, qui peut vous être utile pour soumettre le plan de recherche de votre équipe.

## B – Collecte et analyse des données

Pour établir un lien entre le problème local lié au transport et le problème mondial du changement climatique, les élèves peuvent collecter et analyser des données provenant d'un certain nombre de sources.

### Données satellitaires mondiales

Les données mondiales sur les polluants atmosphériques et les émissions de GES peuvent fournir une vision globale des problèmes mondiaux et de l'évolution des niveaux de pollution atmosphérique et des émissions de GES dans le temps. Depuis l'espace, les satellites peuvent collecter des données sur des sites à travers le monde, y compris dans des endroits trop éloignés pour s'y rendre en personne.

Les liens suivants peuvent aider les équipes à trouver des données satellite sur les émissions de gaz :

- [Le climat depuis l'espace - application interactive \(esa.int\)](#) - Cette application offre une visualisation graphique des données satellite archivées ainsi qu'une vue d'ensemble des différentes variables climatiques utilisées par les scientifiques pour étudier le changement climatique. On peut ainsi voir l'évolution dans le temps des niveaux de dioxyde de carbone et de méthane dans l'atmosphère (2003-2018).
- [EO Browser](#) - Les élèves peuvent utiliser le portail EO Browser pour consulter des données de Sentinel-5P, la première mission Copernicus consacrée à la surveillance de notre atmosphère. En utilisant le mode Education, les élèves peuvent choisir le thème « Atmosphère et pollution de l'air » et trouver des données sur les émissions de NO<sub>2</sub> ainsi que sur d'autres polluants atmosphériques. De plus amples informations sur l'utilisation d'EO browser pour étudier la pollution de l'air depuis l'espace sont disponibles [ici](#).
- [Copernicus Sentinel-5P Mapping Portal](#) – Une plateforme en ligne qui permet de suivre la pollution de l'air dans le monde entier. Les cartes, établies à partir des données de Sentinel-5P, montrent les concentrations de gaz à effet de serre tels que le CH<sub>4</sub>, et de polluants atmosphériques (NO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub>) dans le monde entier.
- [Qualité de l'air](#) – Le service Copernicus surveille et prévoit la qualité de l'air en Europe, ainsi que le transport à longue distance des polluants atmosphériques dans le monde entier.

Figure 1



↑ Le satellite Sentinel-5P du programme Copernicus est équipé de l'instrument de pointe TROPOMI qui cartographie un grand nombre de gaz présents dans l'atmosphère à l'état de traces – tels que le dioxyde d'azote, le méthane, le monoxyde de carbone et les aérosols – qui ont tous une incidence sur l'air que nous respirons, et donc sur notre santé et notre climat

## Données nationales

Les données nationales peuvent aider à étudier le problème à l'échelle nationale ou à examiner les émissions d'une région donnée ou d'un secteur d'activité particulier.

L'[European Air Quality Index \(indice européen de la qualité de l'air\)](#) regroupe des informations sur cinq polluants atmosphériques [particules (PM10), particules fines (PM2,5), ozone (O<sub>3</sub>), dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)] pour différents pays européens.

Les équipes sont également encouragées à rechercher des données auprès de leur agence nationale pour l'environnement et la qualité de l'air.

## Données locales/primaires

Il s'agit des informations que les élèves mesurent ou calculent eux-mêmes. Des données primaires sur les gaz à effet de serre et les polluants atmosphériques peuvent être recueillies de différentes manières.

### Capteurs

L'ESA a développé une plateforme de qualité de l'air – Air Quality Platform (AQP) – basée sur l'ordinateur Raspberry Pi 3B+ et équipée d'un ensemble de capteurs qui mesurent différentes caractéristiques, à utiliser à des fins pédagogiques. Le [bureau ESERO](#) de chaque pays dispose d'un ensemble de ces capteurs qui peuvent être prêtés aux établissements scolaires pour mesurer, par exemple, les concentrations de CO<sub>2</sub> et divers polluants atmosphériques aux abords de l'établissement. Pour en savoir plus, consulter le site <https://aqp.eo.esa.int/>

### Enquête sur la circulation routière

Au lieu d'utiliser la technologie des capteurs, les élèves peuvent faire une enquête sur le trafic entrant et sortant du périmètre de l'école et les kilomètres parcourus sur une période donnée. Ils peuvent calculer les émissions de CO<sub>2</sub> en consultant les sites web qui fournissent ce type de données. Les équipes trouveront [ici](#) des informations sur les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules automobiles.

Les émissions moyennes de dioxyde de carbone peuvent être utilisées pour éviter d'individualiser les émissions des différents types de voitures.

- Modes de transport utilisés par la communauté scolaire (professeurs, élèves et personnel de l'école) pour se rendre à l'école
- Nombre de voitures à essence, de voitures diesel et d'autobus qui arrivent chaque matin pour déposer les élèves à l'école (heure de début des cours)
- Nombre de voitures à essence, de voitures diesel, d'autobus qui arrivent chaque après-midi pour venir chercher les élèves (heure de fin des cours)
- Distance en km parcourue par jour et par véhicule pour ces trajets
- Émissions moyennes de dioxyde de carbone par jour, par semaine et par année scolaire.

Avant de commencer leur collecte de données, les équipes devraient établir leur calendrier. Vous voudrez peut-être collecter des données à différents moments de la journée ou de l'année. Par exemple, si vous souhaitez étudier les variations des niveaux de pollution de l'air au cours de la journée de classe, vous pouvez collecter des données à plusieurs moments précis de la journée sur quelques semaines. Si vous vous intéressez aux variations saisonnières de la pollution de l'air, vous devrez recueillir des données sur une période plus longue.

## Étude des particules de poussière

Compte tenu de leur petite taille, les particules sont très difficiles à mesurer. La mesure du nombre de particules les plus grandes, notamment de poussière, de saleté ou de fumée, potentiellement visibles, est néanmoins un bon indicateur de la pollution atmosphérique. On peut trouver en ligne de nombreuses expériences utilisant la méthode du ruban adhésif pour visualiser la pollution de l'air. Les élèves peuvent suivre [cet exemple](#) et faire leurs propres observations qualitatives et quantitatives sur la pollution de l'air.

## Analyse des données

Après avoir collecté des données, il convient d'analyser les résultats. Les élèves peuvent s'appuyer sur les questions suivantes pour évaluer si leurs résultats répondent à leur question de recherche :

- Que montrent les données ? Des tendances évidentes se dégagent-elles ?
- Est-ce qu'il y a des résultats qui ne semblent pas cohérents ? Peut-on les expliquer ?
- Peut-on tirer des conclusions des résultats ?
- D'autres recherches sont-elles nécessaires ?

## C - Il est temps de FAIRE QUELQUE CHOSE !

Quelles mesures les équipes pourraient-elles prendre à titre individuel ou collectivement pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et les polluants atmosphériques liés aux transports et améliorer la situation en ce qui concerne le sujet étudié ?

Des actions peuvent être entreprises dans de nombreux domaines de la vie quotidienne. Même de petits changements peuvent contribuer à réduire les émissions de polluants atmosphériques par personne. Les actions ne doivent pas forcément se limiter au temps scolaire : par exemple, les élèves pourraient faire part de ces idées à leurs familles et les faire participer pour mettre ces idées en pratique dans leur vie quotidienne ; faire une présentation ; ou organiser une campagne dans leur école ou auprès de leur entourage pour sensibiliser l'opinion.

### Autres sujets de recherche

Autour de la thématique du climat et de la pollution de l'air, les équipes peuvent également se pencher sur différents sujets :

- Le climat et la pollution de l'air due aux activités agricoles
- Le climat et la pollution de l'air due à la combustion de combustibles fossiles pour le chauffage domestique
- Le climat et la pollution de l'air due à l'élimination des déchets

## → Liens utiles

### Ressources de l'ESA

Climate Detectives Teacher Guide

<https://climatedetectives.esa.int/teacher-guide/>

Climate Detectives classroom resources

<https://climatedetectives.esa.int/classroom-resources>

Climat pour les écoles – Packs de ressources pédagogiques de l'Initiative sur le changement climatique

<https://climate.esa.int/fr/educate/climate-for-schools/>

### Informations générales

Qu'est-ce que le changement climatique ?

<https://climate.esa.int/fr/evidence/what-is-climate-and-climate-change/>

Vidéo de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) sur la pollution de l'air et le climat

<https://youtu.be/s4ly6o-VT90>

Agence européenne pour l'environnement

<https://www.eea.europa.eu/themes/air>

### Collecte et analyse des données

Le climat depuis l'espace - application interactive

<https://climate.esa.int/fr/explore/climate-from-space/>

EO Browser

<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>

Copernicus Sentinel-5P Mapping Portal

<https://maps.s5p-pal.com/>

Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) [Service Copernicus de Surveillance de l'Atmosphère]

<https://atmosphere.copernicus.eu/air-quality>

ESA Air Quality Platform

<https://aqp.eo.esa.int/>

European Air Quality Index (indice européen de la qualité de l'air)

<https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>

ESA Education apprécie les retours et commentaires à [teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

Vos retours possibles également à [esero.france@cnes.fr](mailto:esero.france@cnes.fr)

Produit par ESA Education en collaboration avec ESERO Ireland

Copyright 2022 © European Space Agency

Traduit et adapté par ESERO France et le CNES, 2023